



**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> :

H01F 36/00

A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 96/22606

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum:

25. Juli 1996 (25.07.96)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE96/00018

(22) Internationales Anmeldedatum: 10. Januar 1996 (10.01.96)

(30) Prioritätsdaten:

195 01 081.7

16. Januar 1995 (16.01.95)

DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS  
AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2,  
D-80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MÜLLER, Walter [DE/DE];  
Hörnleweg 2, D-82449 Uffing (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE,  
CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,  
SE).

Veröffentlicht

Mit internationalem Recherchenbericht.

Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen  
Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen  
eintreffen.

(54) Title: SUPERCONDUCTING TRANSFORMER

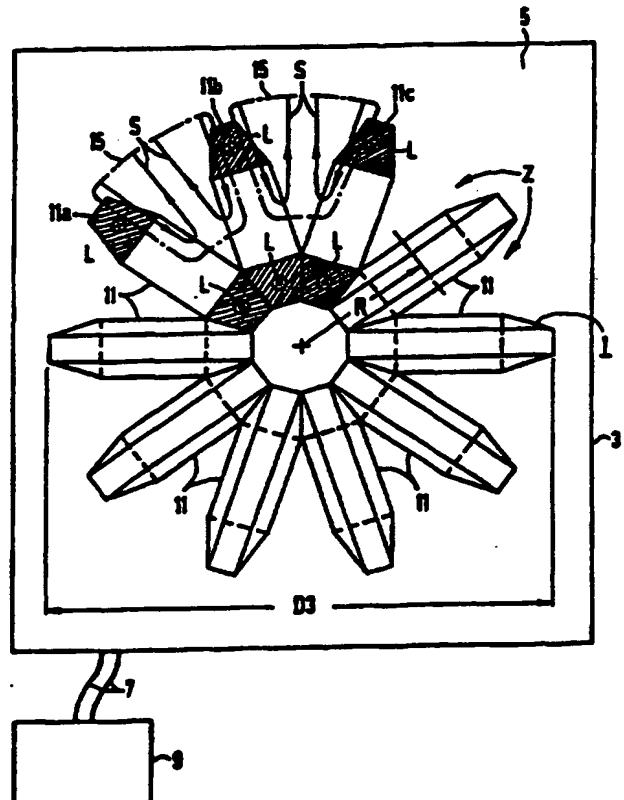
(54) Bezeichnung: SUPRALEITENDER TRANSFORMATOR

(57) Abstract

To simplify the structure of the torus winding (29) of a  
superconducting transformer (1, 1a, 1b, 1c, 1d), at least the  
circular sections of the torus winding (29) consist of several  
identical first winding components (11, 11a, 11b, 11c). In  
addition, there is a suitable annular winding component (11,  
11a, 11b, 11c) with a shape having an outwardly tapering,  
trapezoidal or wedge-like cross-section. There are at least two  
mutually insulated tubular conductors (13) arranged  
inside each other perpendicularly to its annular plane, which  
form the ring.

(57) Zusammenfassung

Um bei einem supraleitenden Transformator (1, 1a, 1b,  
1c, 1d) einen vereinfachten Aufbau seiner Toruswicklung (29)  
zu erzielen, ist vorgesehen, die Toruswicklung (29) zumin-  
dest an ihren kreisringförmigen Abschnitten von mehreren glei-  
chen ersten Wicklungselementen (11, 11a, 11b, 11c) zu bilden.  
Weiterhin ist ein hierfür geeignetes Wicklungselement (11, 11a,  
11b, 11c) in Ringform vorgesehen, das im Querschnitt ein Pro-  
fil mit nach außen verjüngtem, trapez- oder keilförmigen Quer-  
schnitt aufweist. Senkrecht zu seiner Ringebene sind zumin-  
dest zwei koaxial und ineinander angeordnete, gegeneinander  
isolierte Röhrenleiter (13) vorgesehen, die die Ringform bilden.



### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AM	Armenien	GB	Vereinigtes Königreich	MX	Mexiko
AT	Österreich	GE	Georgien	NE	Niger
AU	Australien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BB	Barbados	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BE	Belgien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BF	Burkina Faso	IE	Irland	PL	Polen
BG	Bulgarien	IT	Italien	PT	Portugal
BJ	Benin	JP	Japan	RO	Rumänien
BR	Brasilien	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
BY	Belarus	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CA	Kanada	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KR	Republik Korea	SG	Singapur
CG	Kongo	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SK	Slowakei
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CM	Kamerun	LR	Liberia	SZ	Swasiland
CN	China	LX	Litauen	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
EE	Estland	MG	Madagaskar	UG	Uganda
ES	Spanien	ML	Mali	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	MN	Mongolei	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MR	Mauritanien	VN	Vietnam
GA	Gabon	MW	Malawi		

## Beschreibung

### Supraleitender Transformator

- 5 Die Erfindung betrifft einen supraleitenden Transformator mit einer Toruswicklung und ein für seine Herstellung geeignetes Wicklungselement.

Bei Transformatoren für hohe Leistungen ist zur Erzielung von  
10 geringen Gewichten und Verlusten der Einsatz von supraleitenden Materials für die Leiter der Wicklungen bekannt. Dabei werden bevorzugt eisenlose Anordnungen - also ohne Transformator-  
15 kern - verwendet. Um ein in die Umgebung des Transformators ausstrahlendes Magnetfeld aus Gründen der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) zu vermeiden, wird möglichst eine Führung des Hauptfeldes in geschlossenen Flußschläuchen durch die Wicklung selbst erzwungen.

Eine bekannte Lösung hierzu ist die Toruswicklung, bei der  
20 eine günstige Führung des Hauptfeldes möglich ist. Die Toruswicklung wird dabei aus einem rohrartigen Material hergestellt. Eine derartige Toruswicklung erfordert jedoch eine aufwendige Fertigungstechnik. Darüber hinaus läßt diese Bauart keine weitere Optimierung des Bauvolumens bei einer vor-  
25 gegebenen Leistung zu.

Hinsichtlich des Bauvolumens sind Spulenanordnungen, die aus einem supraleitenden Koaxialkabel gewickelt sind, z. B. der  
30 Kabeltransformator, der Toruswicklung überlegen. Diese weisen jedoch ein frei in den Raum ausstrahlendes Magnetfeld auf.

Aus der CH-PS-411 124 ist ein supraleitender Transformator bekannt, dessen Wicklungen torusförmig angeordnet sind, wobei der Querschnitt der Wicklungen kreisringförmige Gestalt auf-  
35 weist. Aus der DE-PS-937 184 ist eine Schaltdrossel bekannt, die einen ringförmigen Eisenkern mit darauf angeordneten Wicklungen in Form von Scheibenspulen aufweist. Zur verbes-

serten Ausnutzung des vom Kern umschlossenen Ringraumes weisen die Wicklungen in ihrem Randbereich einen keilförmigen Querschnitt auf.

- 5 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen supraleitenden Transformator mit einer Toruswicklung anzugeben, der besonders einfach herstellbar ist. Der Erfindung liegt die weitere Aufgabe zugrunde, ein Bauteil zur Bildung einer Toruswicklung für einen derartigen Transformator anzugeben.

10

Die Lösung der Aufgabe gelingt mit einem supraleitenden Transformator gemäß Anspruch 1.

- 15 Die Toruswicklung ist dadurch von einer Vielzahl von Wicklungselementen gebildet, die jeweils für sich allein einfach herstellbar sind. Für einen ringförmigen Torus wird nur eine Ausführung eines Wicklungselements benötigt. Die Herstellung der Toruswicklung des Transformators ist damit wesentlich vereinfacht gegenüber einer Ausführung nach dem Stand der  
20 Technik, wodurch sie auch kostengünstig ist.

- Zur Bildung einer zumindest ovalen oder länglich gestreckten Toruswicklung können gerade zweite Wicklungselemente vorgesehen sein. Dies ist günstig, wenn von der Kreisringform ab-  
25 weichende Wicklungsformen gebildet werden müssen. Dies kann sich auch günstig bei einer Optimierung des erforderlichen Kesselvolumens für den Transformator auswirken.

- Es ist von Vorteil, wenn die ersten Wicklungselemente jeweils  
30 im Querschnitt außer den trapez- oder keilförmigen Bereichen einen zentralen Bereich mit rechteckigem Querschnitt aufweisen und damit als zweite Wicklungselemente dienen. Die Wicklungselemente sind dann also rotationssymmetrisch. Auf diese Weise wird unabhängig von der Form des Transformators nur ei-  
35 ne Sorte von Wicklungselement benötigt, wodurch der Aufwand für seinen Aufbau, seine Herstellung und für die Lagerhaltung der Wicklungselemente niedrig gehalten ist.

Eine weitere Optimierung in bezug auf die Baugröße ist dadurch erzielt, daß die Toruswicklung gefaltet ist. Durch das Falten, das durch die Verwendung der vorliegenden Wicklungselemente einfach möglich ist, sind kleinste Transformatorgrößen bei gleichbleibenden elektrischen Werten erzielbar.

Es ist günstig, wenn für zumindest je zwei benachbarter Wicklungselemente ein etwa sattelförmiger Schirmkörper vorgesehen ist. Dadurch kann ein Ausweichen des magnetischen Flusses aus den Zwischenräumen der Wicklungselemente vermieden werden. Die Verluste sind damit niedrig gehalten.

Die Schirmkörper sind bevorzugt aus einem eisenhaltigen und/oder supraleitenden Material gefertigt. Dadurch ist eine gute Abschirmwirkung, insbesondere unter supraleitenden Bedingungen, gegeben.

Die weitere Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst mit einem Wicklungselement gemäß Anspruch 8. Ein derartiges Wicklungselement ist besonders einfach, z.B. durch einfaches Wickeln von Leiter und Isolationsschichten, und preiswert herstellbar, wodurch der Aufwand für die Herstellung des Transformators niedrig gehalten ist. Derartige Wicklungselemente können dabei parallel aneinander oder unter Bildung eines Bogens segmentartig aneinandergesetzt werden, da sie quasi torussektorförmig ausgebildet sind. Dadurch sind auch verschiedenste Formen für Wicklungen, insbesondere eine Nachbildung einer Torusform, realisierbar. Es ist ein gliederartiger Aufbau der Toruswicklung möglich.

30

Der außenliegende Röhrenleiter kann eine geringere Höhe als der innere aufweisen. Dadurch ist eine gute Ausnutzung des Querschnitts möglich, da die Leiter direkt an den Umfangsflächen des Wicklungselements platziert werden können. Bevorzugt ist das Wicklungselement rotationssymmetrisch und damit einfach herstellbar.

Die Erfindung, weitere Vorteile und Details werden nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

5 FIG 1 ein supraleitender Transformator mit Toruswicklung,

FIG 2 ein erstes Wicklungselement für eine Toruswicklung gemäß FIG 1,

10 FIG 3 eine Toruswicklung in gestreckter Bauweise,

FIG 4 ein Transformator mit einer gestreckte Toruswicklung in gefalteter Ausführung in einer Seitenansicht,

15 FIG 5 der Transformator gemäß FIG 4 in der Draufsicht

FIG 6 und 7 ein Prinzipbild eines dreiphasigen Transformators mit gestreckter Toruswicklung in einer Drauf- bzw. Seitenansicht und

20

FIG 8 und 9 einen dreiphasigen Transformator mit gefalteter Toruswicklung in einer Drauf- bzw. Seitenansicht.

FIG 1 zeigt einen supraleitenden Transformator 1, der in einem Gehäuse 3 angeordnet ist. Die Prinzipdarstellung zeigt, daß der Innenraum 5 des Gehäuses 3 über Versorgungsleitungen 7 mit einer Kühleinrichtung 9 verbunden ist. Die Kühleinrichtung 9 kühlt das im Gehäuse 3 enthaltene Kühlmedium auf die erforderliche Tieftemperatur herab.

30

Der Transformator 1 weist im Prinzip eine Wicklung auf, die nach Art einer Toruswicklung, ähnlich einem geschlossenen Schlauchring, aufgebaut ist. Die Toruswicklung wird vorliegend von einer Vielzahl von ersten Wicklungselementen 11, 35 11a, 11b, 11c gebildet, die sektorartig aneinander gefügt sind. Sie bilden dabei eine polygonartige Anordnung.

FIG 2 zeigt einen Schnitt durch ein derartiges erstes Wicklungselement 11 im Detail. Das erste Wicklungselement 11 ist zunächst ringartig mit einem inneren Durchmesser D1 und einem äußeren Durchmesser D2 aufgebaut. Je nach gewünschtem Transformator typ sind in dem ersten Wicklungselement 11 entsprechende konzentrische Röhrenleiter 13 koaxial angeordnet, die als Leiter für die Wicklung dienen. Vorliegend ist beispielhaft das Wicklungselement 11 mit drei Röhrenleitern 13 dargestellt, die für einen Dreiwicklungstransformator oder auch eine doppelkonzentrische Anordnung eines Zweiwicklungstransformators dienen kann.

Da vorliegend ein supraleitendes Bauelement gebildet sein soll, sind die Röhrenleiter selbstverständlich aus einem supraleitenden Material, z.B. einem Hoch- oder Tieftemperaturleiter (HTL bzw. TTL), gefertigt.

Zumindest im Bereich 14 der einander anliegenden Flächen benachbarter Wicklungselemente weist das Wicklungselement 11 ein Profil mit einem keil- oder trapezförmigen Querschnitt auf. Im Gegensatz zu einem O-Ring mit kreisförmigem Querschnitt kann hier also von einem Trapez-Ring gesprochen werden.

Der entsprechende Trapezwinkel  $\alpha$  hängt je nach der für die Toruswicklung vorgesehenen Geometrie, insbesondere dem Radius und der Anzahl von Wicklungselementen 11, ab. Bevorzugt ist das Wicklungselement 11 - wie dargestellt - rotations-symmetrisch ausgebildet, so daß beim Zusammenfügen von Wicklungselementen 11a, 11b, 11c keine besondere Lage vorgesehen werden muß. Es sind jedoch auch unsymmetrische Formen oder im Gegensatz zur Kreisringform auch eckige oder ovale Ausführungen möglich, die jedoch nicht weiter dargestellt sind.

In FIG 1 ist zu sehen, wie eine vorgegebene Anzahl, nämlich zehn, Wicklungselemente 11 bis 11c polygonartig zur einer Toruswicklung zusammengefügt sind. Um die Zwischenräume Z zwi-

- schen den Wicklungselementen 11 bis 11c möglichst klein zu halten, kann die Anzahl der ersten Wicklungselemente 11 bis 11c hoch gewählt werden. Auf diese Weise ist ein radiales Ausweichen des magnetischen Flusses zwischen den ersten Wick-
- 5 lungelementen 11 bis 11c vermieden. Es ist auch alternativ prinzipiell möglich, die ersten Wicklungselemente im Querschnitt völlig kreisringsektorförmig auszubilden, so daß die Zwischenräume Z nahezu völlig vermieden sind.
- 10 Zur Vermeidung des radialen Austretens des elektromagnetischen Flusses aus der Toruswicklung sind beispielhaft an den ersten Wicklungselementen 11a, 11b, 11c Schirmkörper 15 ange-
- 15 ordnet (strichliert dargestellt). Die Schirmkörper 15 sind etwa sattelförmig ausgebildet und überlappen jeweils einen Zwischenraum Z zwischen zwei Wicklungselementen 11a und 11b bzw. 11b und 11c. Mit S sind die Verläufe der resultierenden Wirbelstrombahnen in den Schirmkörpern 15 bezüglich der
- 20 eingezeichneten Leerlaufstromdurchflutung L in den ersten Wicklungselementen 11a bis 11c qualitativ dargestellt.
- Die Schirmkörper 15 sind ebenfalls aus einem supraleitenden elektromagnetischen Material gefertigt. Sie können auch durch
- 25 eine flächenhafte Belegung eines entsprechend geformten Trägermaterials mit supraleitenden Material realisiert werden.
- Alternativ kann das Trägermaterial auch von linienhaften Supraleitern gebildet werden. Es ergibt sich dadurch ein ske-
- 30 lettartiger Träger. Gegebenenfalls können die Schirmkörper 15 selbst in einer derartigen Skelettbauweise ausgeführt sein.
- Die einzelnen Leiter oder Drähte des Skeletts sind dann elektrisch miteinander verbunden.
- Die ersten Wicklungselemente 11a bis 11c und die Schirme 15 können miteinander durch nicht näher dargestellte Befestigungsmittel, z. B. Halteelemente aus Kunststoff, miteinander befestigt oder auch auf einfache Weise miteinander verklebt sein.



Um bei größeren Leistungen, z. B. bei Leistungstransformatoren mit über 10 MVA Einphasenleistung, einen großen Polygondurchmesser D3 zu vermeiden, kann eine Ausführung eines Transformators 1a gemäß FIG 3 mit gestreckter Toruswicklung  
5 günstig sein (Darstellung ohne Gehäuse). Es kann dabei nämlich ein kleinerer Radius R gegenüber dem aus FIG 1 verwendet werden, wobei zwei Halbpolygone mit zwei geraden Abschnitten 17 miteinander verbunden sind. Die geraden Abschnitte 17 können selbstverständlich von einfachen konzentrisch angeordneten  
10 geraden Röhrenstücken gebildet sein (nicht näher dargestellt). Die geraden Abschnitte können jedoch auch unter Verwendung der neuen ersten Wicklungselemente 11 gebildet werden. Diese können nämlich im Bereich ihres inneren Durchmessers D1 - wie in FIG 2 zu sehen ist - unter Bildung einer geraden Flußröhre gerade aneinander gesetzt werden. Auf diese  
15 Weise ist die gesamte Wicklungsanordnung von einem standardmäßigen ersten Wicklungselement 11 gebildet. Der Schirmkörper 15a kann auch mehrere Wicklungselemente 11 abdecken, so daß wie hier gezeigt ein halbschalenartiger Schirm 15a gebildet  
20 ist.

Dadurch, daß die ersten Wicklungselemente 11 gerade und in Winkeln zueinander angeordnet werden können, sind beliebige Bauformen für die Wicklung eines Transformators oder einer  
25 Spule erzeugbar. Dies ist besonders günstig wenn bestimmte Baugrößen oder Bauformen eingehalten werden müssen.

Die FIG 4 und 5 zeigen eine weitere Ausführungsform eines supraleitenden Transformators 1b, bei dem die gestreckte Wicklungsanordnung gemäß FIG 3 zusätzlich gefaltet ist. Die beiden Figuren zeigen den Kessel 19 des Transformators 1b, der beispielhaft einen Kühlanlagenanschluß 21 und eine Hochspannungsdurchführung 23 aufweist. Diese Ausführung weist gegenüber der aus FIG 3 eine reduzierte Baulänge auf, die ohne zusätzliche Bauelemente erzielbar ist. Die Wicklungsanordnung  
30 mit den neu n Wicklungselementen 11 ist nämlich nach Art einer Gliederkette verformbar. An den zusätzlichen Knickstellen

25 sind ebenfalls bevorzugt Schirmkörper 15b zur Flußsteuerung vorgesehen.

Die FIG 6, 7 und 8, 9 zeigen mehrphasige supraleitende Transformatoren 1c bzw. 1d in einer Seiten- und Draufsicht. Die  
5 Wicklung 29 ist dabei nur im Prinzip dargestellt. Es ist dabei zu erkennen, daß für alle Phasen U,V,W - hier vorliegend drei - nur eine gemeinsame Toruswicklung 29 vorgesehen ist. Sie ist in einzelne Wicklungsabschnitte 29a bis 29c für die  
10 einzelnen Phasen U,V,W unterteilt. Die Wicklungsabschnitte 29a bis 29c der Phasen U,V,W sind durch Joche 27a,27b (Figuren 6 und 7) voneinander getrennt. Die gezeigte gestreckte Toruswicklung 29 des Transformators 1c ist in diesem Ausführungsbeispiel in ihrer Streckrichtung quer unterteilt, so daß  
15 nur zwei Joche 27a,b nötig sind. Die Phase V teilt sich demnach in zwei voneinander getrennte Wicklungsabschnitte 29b auf.

Die sich ergebenden magnetischen Flüsse  $\phi_u, \phi_v, \phi_w$  sind in den  
20 Figuren eingezeichnet. Die Flußrichtung der mittleren Phase V ist den positiven Flußrichtungen der Phasen U und W entgegengesetzt gewählt, so daß durch vektorielle Addition an den Jochen 27a,27b kleinstmögliche Flüsse  $\phi_u, \phi_v, \phi_w$  entstehen.

25 Die Unterteilung in die Wicklungsabschnitte 29a,29b,29c dient gleichzeitig zur Aufteilung des Kessels in drei Kesselabschnitte 19a,19b,19c. Die Kesselabschnitte 19a,19b,19c sind an ihren aneinanderliegenden Flächen im Bereich der Joche 27a,27b mit nicht näher gezeigten Flanschen ( nach dem Stand  
30 der Technik) versehen, so daß eine gute mechanische und magnetische Kopplung der jeweilig gebildeten Einheiten möglich ist. Ein derartiger Transformator 1c ist dadurch mehrteilig transportierbar, was insbesondere bei großen Transformatoren von Vorteil ist, da dort immer wieder Transportgröße und -gewicht ein Problem darstellen. Gegebenenfalls können die Joche  
35 27a,27b und die Flansche vorteilhaft zu einer baulichen Einheit vereinigt sein. Die Joche 27a,27b sind aus üblichen

Transformatorblech gefertigt und außerhalb zwischen den Kesselabschnitten 19a, 19b, 19c angeordnet, so daß sie bei normalen Umgebungstemperaturen, also etwa zwischen 0 und 100° C, betrieben werden.

5

Die Kesselabschnitte 19a, 19b, 19c können bei der vorliegenden einfachen Aufteilung der Toruswicklung 29 als Quader ausgeführt sein, wodurch sie einfach herstellbar sind. Es ist auch eine sternförmige Unterteilung des gesamten Transformators denkbar, bei der ein je nach Anzahl der Phasen sternförmig aufgeteilter zylindrischer Kessel zur Anwendung kommt.

Auch diese beispielhaft dreiphasige Anordnung ist gemäß den obigen Ausführungen auch in gefalteter Ausführung herstellbar. In der gefalteten Ausführung gemäß FIG 9 kommen dabei die Wicklungsabschnitte 29a und 29c der Phasen U und W nebeneinander zu liegen. Diese können dann mit Vorteil auch in einem gemeinsamen Kesselabschnitt 19d untergebracht sein. Die Kesselform kann hier beliebig zylindrisch oder auch quaderförmig sein. Bei dieser Ausführung ist sogar nur ein gemeinsames Joch 27 erforderlich.

Selbstverständlich sind die Merkmale der einzelnen Ausführungen miteinander kombinierbar oder untereinander austauschbar, ohne daß der Grundgedanke der Erfindung verlassen wird.

25

## Patentansprüche

1. Transformator (1,1a,1b,1c,1d) mit einer supraleitenden Toruswicklung (29), welche von mehreren gleichen ersten Wicklungselementen (11,11a,11b,11c) mit Ringform gebildet ist, wobei die ersten Wicklungselemente (11,11a,11b,11c) ringsektorartig aneinandergereiht und jeweils zumindest im Bereich (14) ihrer aneinanderliegenden Flächen im Querschnitt ein Profil mit nach außen verjüngtem, trapez- oder keilförmigen Querschnitt aufweisen, und wobei die Wicklungselemente (11,11a,11b,11c) jeweils zumindest zwei coaxial ineinander angeordnete, gegeneinander elektrisch isolierte Röhrenleiter (13) aufweisen.
2. Supraleitender Transformator nach Anspruch 1, wobei die ersten Wicklungselemente (11,11a,11b,11c) rotationssymmetrisch sind.
3. Supraleitender Transformator nach Anspruch 1 oder 2, wobei zur Bildung einer gestreckten Ringform der Toruswicklung (29) röhrenförmige zweite Wicklungselemente vorgesehen sind, die zueinander parallele gerade Anschnitte (17) bilden.
4. Supraleitender Transformator nach Anspruch 3, wobei die zweiten Wicklungselemente an ihren Stirnflächen jeweils einen zentralen Bereich (14a) aufweisen, die parallel zueinander sind, derart, daß die zweiten Wicklungselemente in Längsrichtung unter Bildung einer Röhrenform geradlinig aneinandergereiht sind.
5. Supraleitender Transformator nach einem der Ansprüche 3 oder 4, wobei die gestreckte Ringform im Bereich der geraden Abschnitte (17) gefaltet ist, derart, daß ihre freien Enden parallel zueinander liegen.
6. Supraleitender Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei für zumindest je zwei benachbarter Wicklungs-

11.

elemente (11,11a,11b,11c) ein etwa sattelförmiger äußerer Schirmkörper (15,15a) vorgesehen ist.

5 7. Supraleitender Transformator nach Anspruch 6, wobei der/die Schirmkörper (15,15a) aus einem eisenhaltigen und/oder supraleitenden Material gefertigt ist/sind.

10 8. Wicklungselement in Ringform zur Bildung der supraleitenden Toruswicklung (29) eines induktiven Bauteils, insbesondere eines Transformators (1,1a,1b,1c,1d), wobei die Ringform im Querschnitt ein Profil mit nach außen verjüngtem, trapez- oder keilförmigen Querschnitt aufweist, und wobei zumindest zwei coaxial ineinander angeordnete, gegeneinander elektrisch isolierte Röhrenleiter (13) vorgesehen sind.

15

9. Wicklungselement nach Anspruch 8, wobei die Ringform rotationssymmetrisch ist.

20 10. Wicklungselement nach Anspruch 9, wobei der äußere Röhrenleiter (13) eine geringere Höhe als der innere aufweist.

1/5

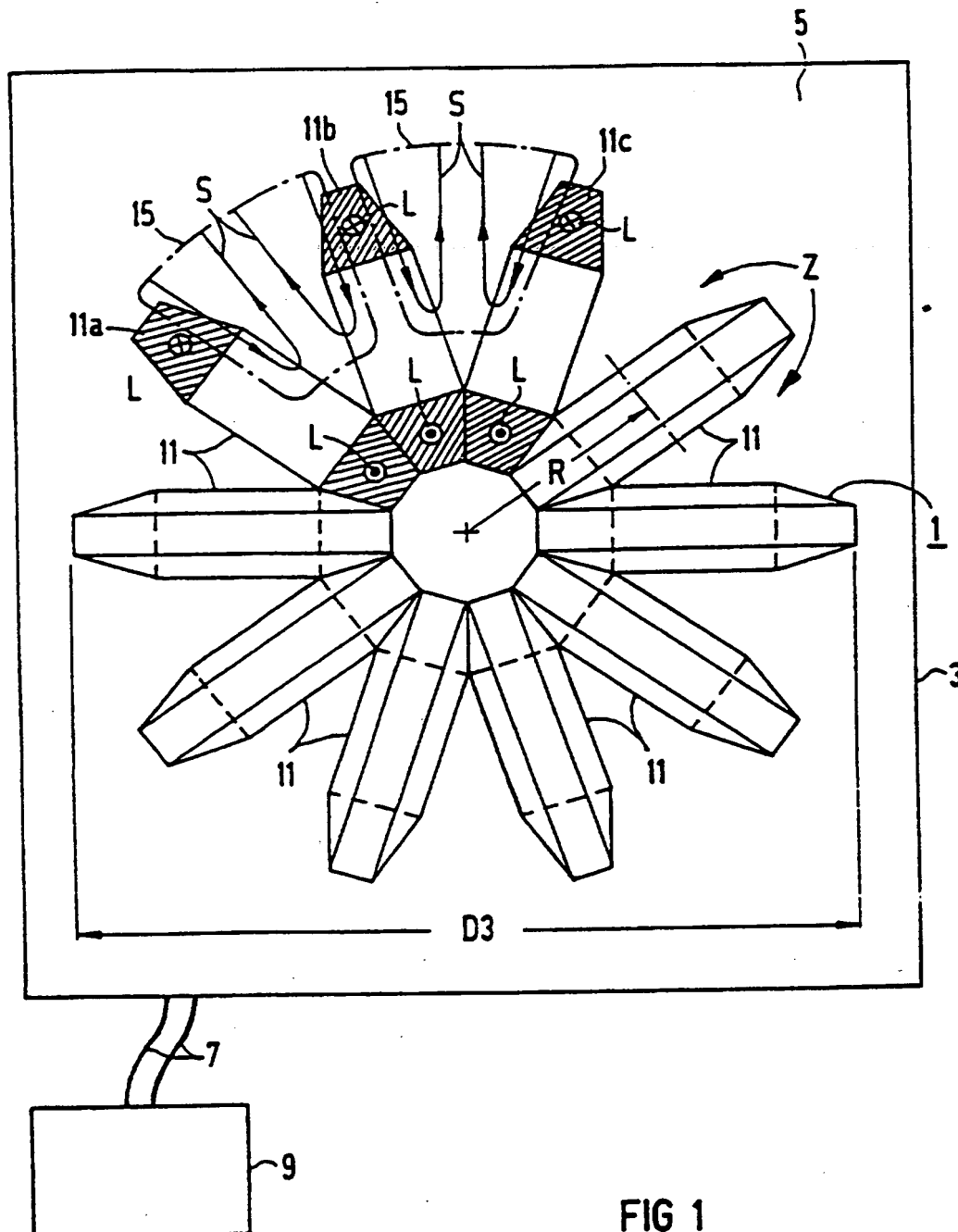


FIG 1

2/5

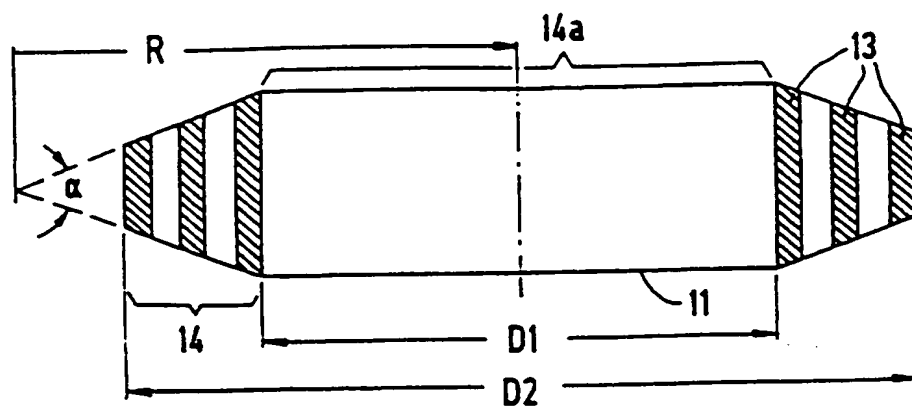
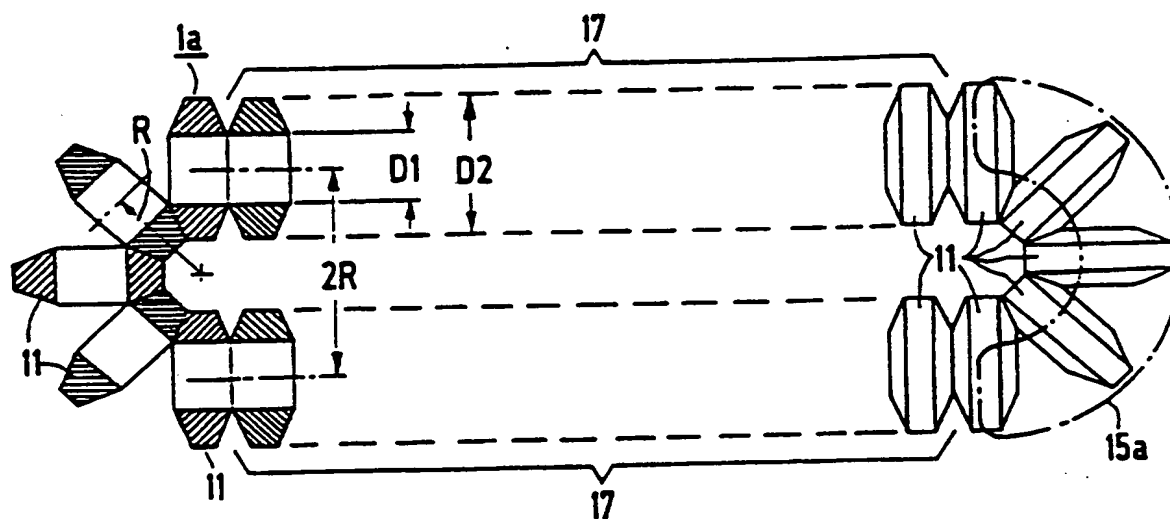


FIG 2



**FIG 3**

3/5

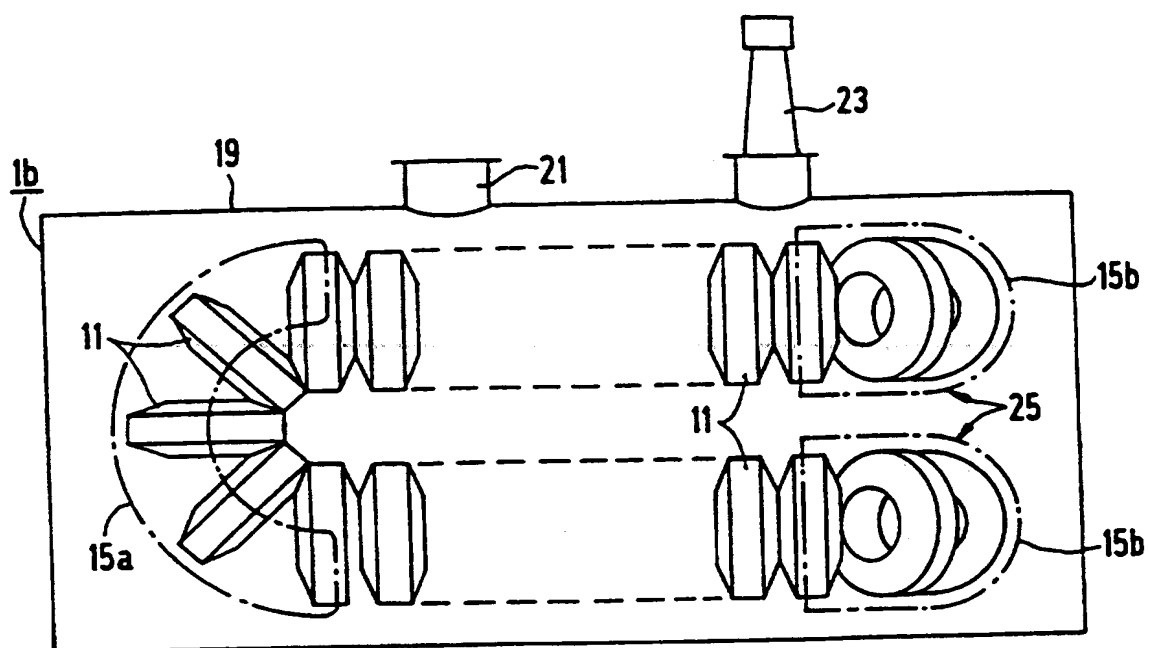


FIG 4

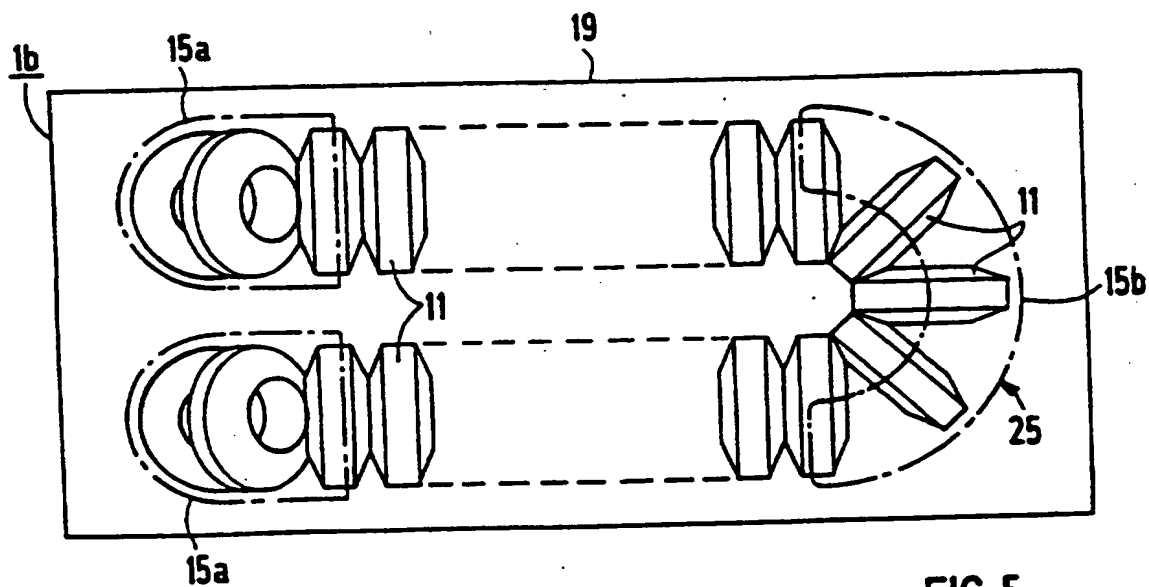


FIG 5



4/5

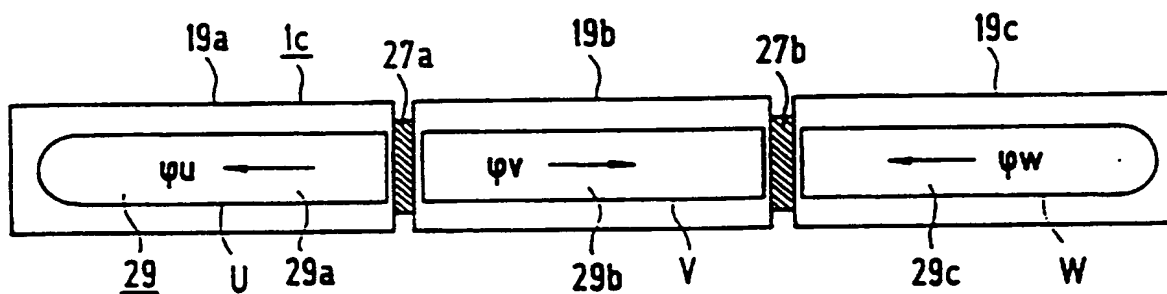


FIG 6

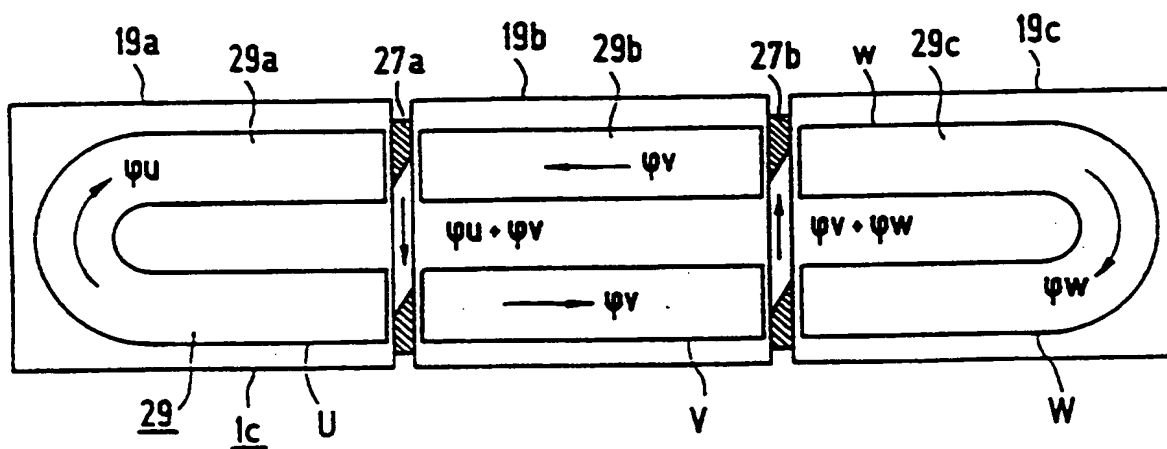


FIG 7

5/5

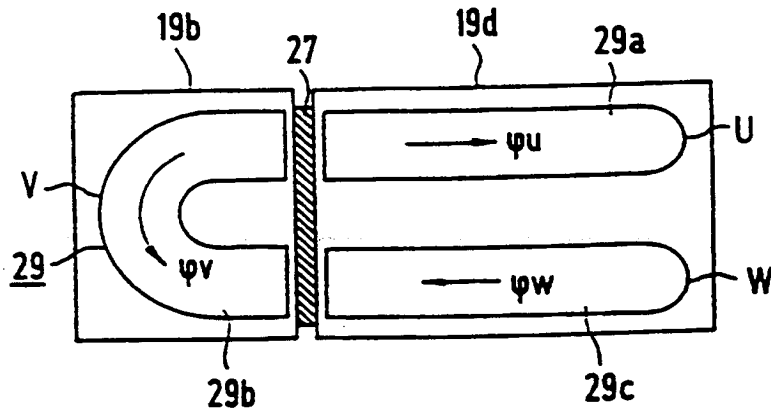


FIG 8

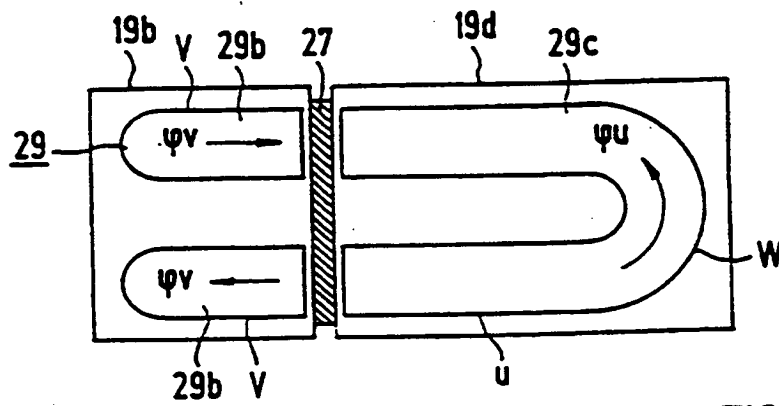


FIG 9

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No  
PCT/DE 96/00018

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 H01F36/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CH,A,411 124 (PETER KLAUDY) 31 October 1966 cited in the application see page 1, line 39 - line 63 ---	1,2,8,9
A	DE,C,937 184 (SIEMENS) 29 December 1955 cited in the application see figure 2 ---	1,2,8,9
A	EP,A,0 422 556 (ALSTHOM GEC) 17 April 1991 ---	
A	US,A,4 151 498 (KATSURAI MAKOTO) 24 April 1979 -----	

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 May 1996

Date of mailing of the international search report

15.05.96

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Vanhulle, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 96/00018

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CH-A-411124		NONE	
DE-C-937184		NONE	
EP-A-0422556	17-04-91	FR-A- 2652959 CA-A,C 2026912 US-A- 5130687	12-04-91 10-04-91 14-07-92
US-A-4151498	24-04-79	JP-C- 1239630 JP-A- 53005593 JP-B- 59012004	13-11-84 19-01-78 19-03-84

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen  
PCT/DE 96/00018

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 6 H01F36/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 H01F

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	CH,A,411 124 (PETER KLAUDY) 31.Oktober 1966 in der Anmeldung erwähnt siehe Seite 1, Zeile 39 - Zeile 63 ---	1,2,8,9
A	DE,C,937 184 (SIEMENS) 29.Dezember 1955 in der Anmeldung erwähnt siehe Abbildung 2 ---	1,2,8,9
A	EP,A,0 422 556 (ALSTHOM GEC) 17.April 1991 ---	
A	US,A,4 151 498 (KATSURAI MAKOTO) 24.April 1979 -----	

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"P" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"a" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10.Mai 1996

Abmeldedatum des internationalen Recherchenberichts

15.05.96

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+ 31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Vanhulle, R

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Intern. Aktenzeichen

PCT/DE 96/00018

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CH-A-411124		KEINE	
DE-C-937184		KEINE	
EP-A-0422556	17-04-91	FR-A- 2652959	12-04-91
		CA-A,C 2026912	10-04-91
		US-A- 5130687	14-07-92
US-A-4151498	24-04-79	JP-C- 1239630	13-11-84
		JP-A- 53005593	19-01-78
		JP-B- 59012004	19-03-84